

TUGAS AKHIR
ANALISA *SCANNING ELECTRON MICROSCOPY* (SEM)
PADA PENYAMBUNGAN PLAT (Al-Al) (Cu-Al) (Cu-CuZn)
MENGGUNAKAN METODE *FRICTION STIR WELDING*
SINGLE SIDE



Disusun Untuk Memenuhi Tugas dan Syarat-Syarat Guna Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik (S1) Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta

Disusun oleh :

DWI FAJAR KURNIAWAN

NIM : D.200.12.0148

JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA

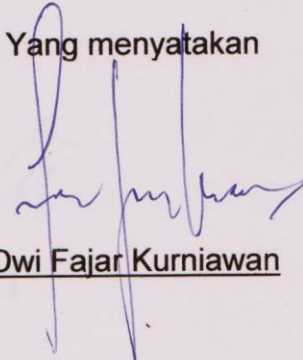
2019

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir dengan judul **“ANALISA SCANNING ELECTRON MICROSCOPY (SEM) PADA PENYAMBUNGAN PLAT (Al-Al) (Cu-Al) (Cu-CuZn) MENGGUNAKAN METODE FRICTION STIR WELDING SINGLE SIDE”** yang dibuat untuk memenuhi sebagai syarat memperoleh derajat sarjana S1 pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta, sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari skripsi yang sudah dipublikasikan dan/atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di lingkungan Universitas Muhammadiyah Surakarta atau instansi manapun, kecuali bagian yang informasinya saya cantumkan sebagaimana mestinya.

Surakarta, 07 Agustus 2019

Yang menyatakan



Dwi Fajar Kurniawan

HALAMAN PERSETUJUAN

Tugas Akhir ini berjudul **“ANALISA SCANNING ELECTRON MICROSCOPY (SEM) PADA PENYAMBUNGAN PLAT (Al-Al) (Cu-Al) (Cu-CuZn) MENGGUNAKAN METODE FRICTION STIR WELDING SINGLE SIDE”** telah disetujui oleh Pembimbing untuk memenuhi sebagai persyaratan memperoleh derajat Sarjana (Strata 1) Teknik Mesin Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersiapkan oleh :

Nama : **DWI FAJAR KURNIAWAN**

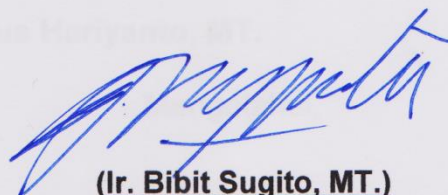
NIM : **D200120148**

Disetujui pada

Hari : *Rabu*

Tanggal : *07 Agustus 2019*

Pembimbing



(Ir. Bibit Sugito, MT.)

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini berjudul **“ANALISA SCANNING ELECTRON MICROSCOPY (SEM) PADA PENYAMBUNGAN PLAT (Al-Al) (Cu-Al) (Cu-CuZn) MENGGUNAKAN METODE FRICTION STIR WELDING SINGLE SIDE”**, telah dipertahankan dihadapan dewan penguji dan disahkan sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersiapkan oleh :

Nama : **DWI FAJAR KURNIAWAN**

NIM : **D200120148**

Disetujui pada

Hari : Selasa

Tanggal : 13 Agustus 2019

Tim Penguji

Ketua : **Ir. Bibit Sugito, MT.**

Anggota 1 : **Patna Partono, ST. MT.**

Anggota 2 : **Ir. Agus Hariyanto, MT.**

Mengetahui,

Dekan



(Ir. H. Sri Sunarjono, MT. Ph.D)

Ketua Jurusan

(Ir. Subroto, MT.)



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Jl. A .Yani Pabelan Kartasura Tromol Pos 1 Telp. (0271) 717417 ext. 222

LEMBAR SOAL TUGAS AKHIR

Bedasarkan surat Keputusan Rektor Universitas Muhammadiyah Surakarta :

Nomor 127/II/2018 Tanggal 30 Agustus 2018 tentang Pembimbing Tugas Akhir Dengan ini :

Nama : Ir. Bibit Sugito, MT.

Pangkat / Jabatan : Pembina / Lektor Kepala

Golongan : IV. A

Memberikan soal tugas akhir kepada Mahasiswa :

Nama : Dwi Fajar Kurniawan

Nomor Induk : D200120148

Jurusan/Semester : Teknik Mesin / Akhir

Judul/Topik : Analisa *Scanning Electron Microscopy* (SEM) Pada Penyambungan Plat (Al-Al) (Cu-Al) (Cu-CuZn) Menggunakan Metode *Friction Stir Welding Single Side*.

Rincian Soal/Tugas :

Demikian soal tugas akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya.

Surakarta, 03 September 2018

Pembimbing

Ir. Bibit Sugito, MT.

Keterangan :

Di buat rangkap (3)

1. Untuk Kanjur (Koordinator TA)
2. Untuk Pembimbing Tugas Akhir
3. Untuk Mahasiswa

MOTTO

“ Sesungguhnya Allah tidak akan mengubah nasib suatu kaum kecuali kaum itu sendiri yang mengubah apa-apa yang ada pada diri mereka”
(Ar-ra'd : 11)

“Proses Tidak Akan Mengkhianati Hasil, Jadi Nikmatilah Proses”
(Penulis)

“Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan.”
(Q.S Al – Insyiroh : 6)

“Hai orang – orang yang beriman, jadikanlah sabar dan sholatmu sebagai penolongmu, sesungguhnya Allah beserta orang – orang yang sabar”
(Al-Baqarah : 153)

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan penuh harap ridho Allah SWT, teriring perasaan syukur dan sabar yang mendalam serta penghargaan yang tinggi, setelah melewati berbagai ujian dalam perjuangan yang tak kenal lelah, Saya mempersembahkan Tugas Akhir ini kepada :

Kedua orang tua yang aku sayangi, cintai dan hormati, yang telah memberikan doa dan semangat selama menempuh pendidikan. Semoga Allah SWT membalas kemuliaan yang luar biasa kepadamu atasku.

**ANALISA SCANNING ELECTRON MICROSCOPY (SEM)
PADA PENYAMBUNGAN PLAT (Al-Al) (Cu-Al) (Cu-CuZn)
MENGUNAKAN METODE *FRICTION STIR WELDING SINGLE SIDE***

Dwi Fajar Kurniawan, Bibit Sugito

Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jl. A.Yani Pos I Pabelan Kartasura

E-mail : fajardkurniawan@gmail.com

ABSTRAK

Proses penyambungan logam dengan teknik pengelasan banyak diaplikasikan di industri transportasi seperti otomotif, perkapalan, kereta api dan pesawat terbang. Dalam perjalanannya sambungan las mengalami beberapa koreksi penyempurnaan dan hal ini dapat dicapai dengan perkembangan teknologi las yang pesat sekarang ini. Salah satu jenis proses las yang relatif baru adalah *friction stir welding* (FSW). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui proses serta hasil karakteristik yang terjadi pada saat pengelasan metode metode *friction stir welding* (FSW) *single side* dengan variasi material sambungan aluminium dengan aluminium, tembaga dengan aluminium, dan tembaga dengan kuningan, pengujian di lakukan dengan menggunakan pengujian *scanning electron microscopy* (SEM).

Pengelasan pada penelitian ini menggunakan material aluminium, tembaga dan kuningan, sambungan menggunakan *butt joint*, parameter yang digunakan adalah kecepatan putar 1250 rpm, kecepatan pemakanan 12.5 mm/menit. Analisa dilakukan dengan melihat kekuatan sambungan, hasil pengelasan dibandingkan dengan pengelasan lainnya.

Hasil pengujian ini menunjukkan hasil karakteristik permukaan yang halus dan pada sambungan sama jenis dan kurang halus pada sambungan beda jenis, dari hasil foto SEM teridentifikasi adanya cacat produk yaitu *void*, *crack* dan *porosity*. Unsur komposisi yang terbentuk masih didominasi oleh *base metal* material yaitu Al, Cu dan CuZn.

Kata Kunci: FSW, SEM, Beda Material, Komposisi Kimia

ABSTRACT

The process of connecting metals with welding techniques is widely applied in the transportation industry such as automotive, shipping, railways and airplanes. In the course of the weld connection there are some corrective corrections and this can be achieved with the rapid development of welding technology today. One type of welding process that is relatively new is friction stir welding (FSW). This study aims to determine the process and characteristic results that occur when welding a single side method of friction stir welding (FSW) with variations of aluminum shielding material with aluminum, copper and aluminum, and copper with brass, testing is done using scanning electron microscopy testing (SEM).

Welding in this study uses aluminum, copper and brass material, the connection uses a butt joint, the parameters used are the rotational speed of 1250 rpm, the feed speed is 12.5 mm / minute. Analysis is done by looking at the strength of the connection, the results of welding compared to other welding.

The results of this test show the results of the characteristics of the smooth surface and on the joints of the same type and less smooth on the joints of different types, from the results of SEM photos identified product defects namely void, crack and porosity. The composition elements formed are still dominated by base metal materials, namely Al, Cu and CuZn.

Keywords: FSW, SEM, Different Materials, Chemical Composition

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah, saya panjatkan kepada Allah SWT atas segala rahmat dan nikmat-Nya sehingga penyusunan laporan penelitian ini dapat terselesaikan. Tugas akhir berjudul **“ANALISA SCANNING ELECTRON MICROSCOPY (SEM) PENYAMBUNGAN PLAT (Al-Al) (Cu-Al) (Cu-CuZn) MENGGUNAKAN METODE FRICTION STIR WELDING SINGLE SIDE”** dapat terselesaikan atas dukungan dari berbagai pihak. Untuk itu dalam kesempatan ini saya selaku penulis dengan segala hormat dan ketulusan hati ingin menyampaikan rasa terima kasih dan penghargaan sebesar-besarnya kepada :

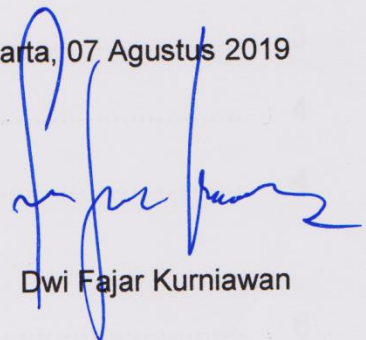
1. Bapak Ir. H. Sri Sunarjono MT. Ph.D, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
2. Bapak Ir. Subroto, MT., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
3. Bapak Ir. Bibit Sugito, MT., selaku Dosen Pembimbing yang telah membimbing, mengarahkan, memberi petunjuk dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Nur Aklis, ST. M.Eng., selaku Pembimbing Akademik.
5. Bapak Ir. Sunardi Wiyono, MT., selaku Koordinator Tugas Akhir.
6. Bapak Patna Partono, ST. MT., selaku Dosen penguji Tugas Akhir.
7. Bapak Ir. Agus Hariyanto, MT., selaku Dosen penguji Tugas Akhir.
8. Bapak dan Ibu tercinta selaku orang tua yang senantiasa selalu mencintai, menyayangi, memberikan dukungan, menenangkan hati dan mendo'akan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
9. Staff Tata Usaha Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta yang membantu kelancaran Tugas Akhir ini.
10. Kepada rekan satu kelompok Tugas Akhir yang selalu membantu, memberi solusi dan bersama-sama dalam menyelesaikan proses Tugas Akhir sampai selesai.
11. Teman angkatan 2012 Teknik Mesin yang telah banyak

memberikan motivasi dan semangat bagi penulis.

12. Kakak dan adik-adik tersayang untuk doa, kasih sayang dan sumber keceriaan bagi saya selama ini.
13. Sahabat karib Septiana Maya Saputri, *my best partner in my life*. Terimakasih untuk semua dukungan, motivasi dan canda tawa yang telah diberikan.
14. Keluarga kedua Unit Seni dan Film (USF). Terimakasih telah memberikan begitu banyak arti hidup yang sesungguhnya.
15. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan terima kasih atas dukungannya.

Semoga Allah melimpahkan Rahmat dan Kasih SayangNya atas segala kebaikan yang telah dilakukan. Penulis menyadari tulisan ini masih jauh dari kata sempurna, hal ini dikarenakan keterbatasan wawasan dan pengetahuan penulis. Untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan Tugas Akhir ini. Akhir kata penulis mengharapkan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat pada semua pihak dan sebagai amalan yang tidak terputus.

Surakarta, 07 Agustus 2019



Dwi Fajar Kurniawan

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
LEMBAR SOAL TUGAS AKHIR	v
MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
ABSTRAK	viii
ABSTRACT.....	ix
KATA PENGANTAR	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xviii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	3
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4

BAB II DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka.....	6
2.2 Rumusan masalah	7

2.3 Landasan teori.....	8
2.3.1 Pengelasan	8
2.3.2 <i>Friction Stir Wellding</i> (FSW)	9
2.3.3 Prinsip Kerja <i>Friction Stir Welding</i>	9
2.3.4 Parameter Pengelasan <i>Friction stir welding</i>	11
2.3.5 Tembaga	16
2.3.6 Kuningan	20
2.3.7 Aluminium.....	22
2.3.8 Pengujian SEM (<i>Scanning Electron Mickroscopy</i>) ...	28
2.3.9 EDX (<i>Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy</i>)	33

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir.....	34
3.2 Bahan Penelitian	35
3.2.1 Aluminium (Al)	35
3.2.2 Tembaga (Cu).....	36
3.2.3 Kuningan (CuZn)	37
3.3 Alat Penelitian	39
3.3.1 Mesin Milling vertikal.....	39
3.3.2 Alat Uji Komposisi Kimia	39
3.3.3 Alat Scanning Electron Microscopy	40
3.3.4 Alat Bantu Pengujian	40
3.4 Sampel.....	46
3.5 Lokasi Penelitian.....	46

3.6 Prosedur Penelitian.....	47
3.6.1 Studi Pustaka	47
3.6.2 Studi Lapangan	47
3.6.3 Persiapan Material.....	47
3.6.4 Proses Pengelasan	48
3.6.5 Pemotongan Spesimen Uji	51
3.6.6 Proses Pengujian SEM dan EDX	51

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengelasan	54
4.2 Hasil Pengujian SEM dan EDX	56
4.2.1 ANALISA Hasil Pengujian SEM dan EDX pada pengelasan FSW antara Al (Aluminium) dan Al (Aluminium)	56
4.2.2 ANALISA Hasil Pengujian SEM dan EDX pada pengelasan FSW antara Cu (Tembaga) dengan Al (Aluminium)	58
4.2.3 ANALISA Hasil Pengujian SEM dan EDX pada pengelasan FSW antara Cu (Tembaga) dengan CuZn (Kuningan) ...	61

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan	64
5.2 Saran	65

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	<i>Friction stir welding</i>	9
Gambar 2.2	Proses <i>Friction Stir Welding</i>	10
Gambar 2.3	Jenis Sambungan <i>Friction Stir Welding</i>	11
Gambar 2.4	Bagian <i>Tool Joint</i>	11
Gambar 2.5	Contoh Jenis Kontur <i>Shoulder</i>	13
Gambar 2.6	Contoh Jenis Profil Pin	13
Gambar 2.7	<i>Tool Tilt Angle</i>	15
Gambar 2.8	<i>Depth Plunge</i>	15
Gambar 2.9	Mesin <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM).....	30
Gambar 2.10	Diagram SEM dilengkapi dengan detektor sinar-X (EDX)	31
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian.....	34
Gambar 3.2	Material Aluminium.....	36
Gambar 3.3	Material Tembaga	37
Gambar 3.4	Material Kuningan	38
Gambar 3.5	Mesin Milling <i>Vertical</i>	39
Gambar 3.6	<i>Spectrometer</i> (Lab Bahan POLMAN Klaten, 2017)....	39
Gambar 3.7	Alat foto SEM dan EDX.....	40
Gambar 3.8	Desain <i>Tool Joint</i>	41
Gambar 3.9	Jangka Sorong	41
Gambar 3.10	Alat Cekam Material	42

Gambar 3.11 <i>Infrared Pyrometer</i>	42
Gambar 3.12 Alat Tangan Kikir	43
Gambar 3.13 Mistar dan spidol	43
Gambar 3.14 Ragum	43
Gambar 3.15 Tang dan Gergaji	44
Gambar 3.16 Amplas	44
Gambar 3.17 Cetakan <i>mounting</i>	44
Gambar 3.18 Resin dan katalis	45
Gambar 3.19 Autosol dan Kain Bludru	45
Gambar 3.20 Spesimen SEM dan EDX	46
Gambar 3.21 Setting <i>Tilt angle</i>	48
Gambar 3.22 Setting <i>Rotational Speed</i> dan <i>Feed Rate</i>	49
Gambar 3.23 Penetrasi Awal Tool	50
Gambar 3.24 Proses Pengelasan	50
Gambar 3.25 Ukuran Spesimen Uji SEM	51
Gambar 4.1 Hasil pengelasan tembaga dengan aluminium	54
Gambar 4.2 Hasil pengelasan tembaga dengan tembaga	55
Gambar 4.3 Hasil pengelasan tembaga dengan kuningan	55
Gambar 4.4 Mikrograf SEM dari sambungan pengelasan FSW antara Al-Al	56
Gambar 4.5 Mikrograf SEM untuk <i>line analysis</i> sambungan FSW antara Al-Al	57
Gambar 4.6 <i>Line analysis</i> sambungan las FSW antara Al - Al	58

Gambar 4.7	Mikrograf SEM dari sambungan pengelasan FSW antara Cu - Al.....	58
Gambar 4.8	Mikrograf SEM untuk <i>line analysis</i> sambungan FSW antara Cu - Al.....	59
Gambar 4.9	<i>Line analysis</i> sambungan las FSW antara Cu - Al	60
Gambar 4.10	Mikrograf SEM dari sambungan pengelasan FSW antara Cu - CuZn	61
Gambar 4.11	Mikrograf SEM untuk <i>line analysis</i> sambungan FSW antara Cu - CuZn.....	62
Gambar 4.12	<i>Line analysis</i> sambungan las FSW antara Cu-CuZn...	63

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Jenis Material <i>Friction Stir Welding</i>	12
Tabel 3.1	Hasil Uji komposisi Aluminium	36
Tabel 3.2	Hasil Uji komposisi Tembaga.....	37
Tabel 3.3	Hasil Uji komposisi Kuningan	38
Tabel 4.1	Hasil <i>line analysis</i> EDX untuk sambungan las FSW antara Al - Al	57
Tabel 4.2	Hasil <i>line analysis</i> EDX untuk sambungan las FSW antara Cu - Al.....	60
Tabel 4.3	Hasil <i>line analysis</i> EDX untuk sambungan las FSW antara Cu - CuZn	63

DAFTAR LAMPIRAN

1. Hasil Pengelasan
2. Hasil Uji Komposisi Kimia
3. Hasil dari Pengujian EDX (*Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy*)
4. ASTM E 407 – 7
5. ASTM E 2809